Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Arbeiten des pflanzenphysiologischen Institutes der k. k. Wiener Universität.

X. Beiträge zur genaueren Kenntniss der Cystolithen und einiger verwandten Bildungen im Pflanzenreiche.

(Mit 2 Tafeln.)

Von **Karl Richter.**

I.

Einleitung.

Im Innern gewisser Zellen von Urticeen und Acanthaceen finden sich eigenthümliche, durch einen Stiel mit der Wand zusammenhängende, kugel-, trauben- oder keulenförmige Körper, welche aus organischer mit kohlensaurem Kalk imprägnirter Substanz bestehen und von Wedell den Namen Cystolithen erhalten haben [1].

[1] In der Literatur finden sich folgende wichtigere Abhandlungen und Bemerkungen über diesen Gegenstand:

J. Meyen in Müller's Archiv 1839, p. 255.

Schleiden, M. J., Grundzüge der Botanik. 2. Aufl. 1. Band. p. 329, 2. Band. p. 149,

Payen in Memoires pres. p. div. Savants. 9. p. 85, die zugehörigen Tafeln in 8. Taf. 2—7.

Schacht, H. in den Abhandlungen der Senkenbergischen Gesellschaft. I. p. 133.

Wedell. Ann. d. sciences naturelles 4 Ser. 2. p. 267. (In Hofmeister's Handbuch der physiologischen Botanik, I. 1. p. 180 fälschlich als 4. Band der 4. Serie citirt.)

Sachs J. Lehrbuch der Botanik, 4. Aufl. p. 69 u. 70.

Kny, L. Text zu den Wandtafeln von Nathusius, III. Serie, Taf. XI. S. 27 u. ff.

Duchartre, Éléments de Botanique. II. Aufl. 1877. p. 125.

Auf einige zerstreute, in verschiedenen Lehrbüchern enthaltene Notizen soll weiter unten aufmerksam gemacht werden.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Die in Rede stehenden Gebilde wurden von Meyen[1] in den Blättern von *Ficus* entdeckt, und von Gottschee[2] und Schacht in den Geweben von Acanthaceen aufgefunden, während Payen sie noch in einigen anderen Urticeen beobachtete und sie namentlich mit Rücksicht auf ihre chemischen Eigenschaften prüfte. Die Publicationen der anderen Autoren beziehen sich grösstentheils auf Einzelnheiten, welche ich, um Wiederholungen zu vermeiden, erst am betreffenden Orte erörtern werde.

Trotz der im Verhältnisse zu dem beschränkten Vorkommen und der anscheinend geringen Bedeutung der betreffenden Gebilde ziemlich reichen Literatur sind die Beobachtungen über diesen Gegenstand durchaus noch nicht geschlossen. Im Gegentheile stehen die Angaben der Autoren zum grössten Theile in directem Widerspruche zu einander. Im Verlaufe meiner Untersuchungen gelang es mir, einige dieser fraglichen Punkte richtigzustellen, wie die vorliegende Abhandlung zeigen wird.

II.

Morphologie der ausgebildeten Cystolithen.

Ein Punkt, in dem alle Autoren so ziemlich übereinstimmen, ist die Beschreibung der äusseren Gestalt der Cystolithen. Von allen werden die Traubenkörper, zunächst in der Epidermis der Blätter von *Ficus*, als trauben-, birn- oder kugelförmige Körper, welche vermittelst eines Stieles an der Wand der betreffenden Zelle befestigt sind, beschrieben. Auch die in der Gestalt weit abweichenden Cystolithen der Gattung *Pilea* und einiger sehr nahe verwandten Urticeen, sowie die der Acanthaceen werden überall in derselben Weise beschrieben. Die Cystolithen der Urticeengattungen: *Pilea*, *Elatostemma* und *Myriocarpa*, ebenso die der Acanthaceen sind nämlich nicht von so regelmässiger

[1] 1827. S. d. angef. Abhandl. p. 257 und Phytotomie, 1830.
[2] S. Schacht, l. c. p. 133.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Gestalt, wie die der meisten anderen Urticeen, sondern sie sind meist langgestreckt oder keulenförmig, bisweilen auch hufeisenförmig oder gar in mehrere ganz unregelmässige Äste ausgezogen. (Fig. 1—4.)[1] Eine Eigenthümlichkeit zeigen diese Körper auch in der Beziehung, dass der Stiel, der bei den kugelförmigen Cystolithen der Urticeen stets deutlich wahrnehmbar ist, hier immer äusserst fein, ja bisweilen gar nicht zu sehen ist. Auch in diesem Punkte stimmen Wedell und Schacht, die einzigen Beobachter, welche den Cystolithen der Acanthaceen grössere Aufmerksamkeit schenkten, überein; doch finden sich in Schacht's Abhandlung einige Bemerkungen, welche mich veranlassen, näher auf diesen Punkt einzugehen. Während nämlich bei den meisten Urticeen das Vorkommen der Cystolithen auf die Oberhaut beschränkt ist, finden sich dieselben bei den oben genannten Gattungen auch in den inneren Geweben der Pflanzen, ja zum Theile nur in diesen vor. Schacht erörtert nun zunächst auch bei den Acanthaceen ihr Vorkommen in der Oberhaut, und zwar bei *Justicia carnea* Lindl. und *Beloperome*[2] und heisst es hier weiter: „In der Oberhaut der ausgebildeten Stengelglieder zeigen sich nebeneinander alle Übergänge von der Traubenform zur Spiess- und Donnerkeilgestalt. Wenn der Schnitt sehr zart ist und die Zelle günstig liegt, so sieht man in allen Fällen das zarte, meistens nur sehr kurze Stielchen; bei der Donnerkeilform liegt dasselbe an der stumpfen Seite des Körpers." Auf der folgenden Seite, bei Besprechung der in den inneren Pflanzengeweben vorkommenden Cystolithen, heisst es ferner: „Die Gegenwart des Stielchen, welche ich auch hier vermuthe, konnte ich jedoch nicht sicher nachweisen." Dagegen findet sich auf Seite 145, wo von den donnerkeilförmigen Körpern von *Justicia sanguinea* Willd., bei welcher Pflanze nach Schacht's eigener Beobachtung in der Oberhaut keine Cystolithen vorkommen, die Rede ist, folgende Stelle: „Das Stielchen, an welchem auch diese Körper festsitzen und welches, wenn man nach der Entwicklungsgeschichte des gestielten Traubenkörpers im Feigenblatte

[1] Vergl. a. d. der Wedell'schen Abhandlung beigegebenen Tafel Fig. 9.

[2] l. c. p. 143.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

schliessen darf, auch hier das zuerst Entstandene sein muss, ist in allen Fällen sehr zart, glänzend und durchsichtig; es wird durch Jod und Schwefelsäure hellblau gefärbt." Hierauf folgt eine Bemerkung über die Länge des Stielchens im Cystolithen und auf Seite 146 die Worte: „Mit Ausnahme von *Justicia carnea*, wovon ich Präparate bewahre, die das Stielchen ausgezeichnet deutlich zeigen, gelang es mir für die Donnerkeil- und Spiessgestalt der Körper selten, ein solches Stielchen sicher nachzuweisen; es wird mir desshalb beinahe wahrscheinlich, dass selbiges späterhin durch Resorption verschwindet."

Wenn dieses Stielchen „in allen Fällen" (in den Oberhautzellen) wahrzunehmen ist, warum ist es dann selten nachzuweisen und soll bei donnerkeilförmigen Körpern verschwinden. Es finden sich ja nach der oben wörtlich citirten Stelle auch in der Oberhaut Körper dieser Gestalt. Und wie kann Schacht die „vermutheten Stielchen" so genau beschreiben? Mir ist nicht klar, in welcher Weise diese Stellen aus Schacht's Abhandlung miteinander in Einklang gebracht werden könnten, und ich muss mich daher, was diesen Punkt anlangt, da Wedell hierüber keine Details angibt, auf meine eigenen Beobachtungen stützen.

Der nächste Punkt, der zu besprechen ist, ist die innere Structur der Cystolithen. Meyen hält die ganzen Gebilde für nichts Anderes, als für „Gummikeulen", welche aussen mit Krystallen kohlensauren Kalkes besetzt sind. Diese Ansicht, auf deren chemische Seite ich weiter unten zurückkomme, wurden schon von Payen widerlegt, welcher in den betreffenden Körpern ein Aggregat von Zellen, die, mit kohlensaurem Kalke erfüllt, an einem Stiele zierlich aufgehängt sind, erblickt. Auch diese Ansicht wurde später von Schacht widerlegt, welcher der Erste war, der die Structur der Cystolithen, wenigstens in den rohesten Umrissen richtig erkannte. Er beschreibt die Traubenkörper, wie er sie nennt, als Zellstoffstielchen, deren Spitze sich nach und nach mit Celluloseschichten überkleidet, zwischen denen sich der kohlensaure Kalk ablagert. Bis hieher beziehen sich, wie schon oben erwähnt, die Angaben in Betreff der Cystolithen ausschliesslich auf Urticeen, und Schacht war der Erste, welcher die ähnlichen Gebilde in den Geweben der

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Acanthaceen in den Kreis seiner Beobachtungen mit einbezog. Er zeigt, dass dieselben genau die gleiche Structur erkennen lassen wie jene, und sieht sich dadurch veranlasst, die Traubenkörper bei Urticeen und Acanthaceen als vollkommen analoge Erscheinungen zu betrachten. Nur wieweit das von ihm übrigens nicht immer beobachtete Stielchen in den Cystolithen hineinreicht, vermochte er nicht zu entscheiden, wenigstens nicht für die donnerkeil- oder spiessförmigen Gestalten. Zugleich erwähnt auch Schacht sowohl bei den Urticeen, als bei den Acanthaceen nebst dieser Schichtung der organischen Grundlage der Cystolithen noch eine auf diese Schichten senkrechte radiale Zeichnung, welche sowohl auf dem Längsschnitte, als auf dem Querschnitte zu beobachten ist und nur die geschichtete Masse durchsetzt, ohne sich jedoch über den Grund dieser Zeichnung irgendwie auszusprechen. Diesen Punkt berührt erst Sachs,[1] indem er diese Zeichnung einfach als den indirecten Ausdruck einer Streifung erklärt. Im Widerspruche mit dieser Ansicht gibt Kny, welcher diese Zeichnung, jedoch ebenso wie Sachs nur bei *Ficus elastica* Roxb. beschreibt und dieselbe auf seiner Tafel in sehr prägnanter Weise abbildet, an, sie rühre von Zellstoffbalken her, welche die organische Masse der Cystolithen durchsetzen und so das Gerüst der zwischen ihnen ausgespannten Zellmembranen bilden. Als solche Zellstoffbalken gebe sich diese radiale Streifung durch ihre intensive, auf Einwirkung von Chlorzinkjodlösung hervortretende Blaufärbung zu erkennen. Übrigens sei dieses Vorkommen ganz ohne Analogon im gesammten Pflanzenreiche.

Ich will nun zunächst meine auf die morphologische Beschaffenheit der fertigen Cystolithen bezugnehmenden Beobachtungen mittheilen. Die Gestalt der Cystolithen bei den meisten Urticeen ist eine ziemlich regelmässige. Ich sah dieselben bei *Ficus elastica* Roxb., *stipulata* Thunb., *gigantea* H. B. und *benjamina* L., bei *Humulus Lupulus* und *Broussonetia papyrifera* Vent, ferner bei *Urtica nivea* L. und *Urtica dioica* L. In der Regel sind diese Körper kugelförmig, etwas elipsoidisch, selten mehr in die Länge gezogen, immer ist der Stiel, welcher

[1] l. c. p. 70.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

hier stets deutlich zu sehen ist, in der Verlängerung des grössten Durchmessers gelegen. Diese Cystolithen erscheinen dann in vollkommen unverletztem Zustande in Folge der Protuberanzen, die der eingelagerte kohlensaure Kalk hervorruft, in der Gestalt einer kürzer oder länger gestielten, nach allen Richtungen ziemlich gleichförmig entwickelten Traube. Lässt man Essigsäure oder Salzsäure auf diese Körper einwirken, so wird der kohlensaure Kalk unter lebhaftem Aufbrausen in Lösung gebracht, und die organische Grundlage bleibt in Form eines gestielten, mehr oder weniger kugelförmigen, geschichteten Körpers, der an seiner Oberfläche nur geringe Unebenheiten zeigt, zurück. Nachdem die mikrometrische Messung jedoch keine Verkleinerung des Durchmessers erkennen lässt, so scheint das Verschwinden der Unebenheiten durch eine Quellung der organischen Substanz und nicht durch Auflösung einer etwaigen Auflagerung von kohlensaurem Kalke verursacht zu sein.

Eine ganz andere Gestalt zeigen die Cystolithen bei *Pilea*, mit denen nach Wedell jene von *Elatostemma* und *Myriocarpa* in der Gestalt übereinstimmen. Hier ist das Vorkommen dieser Gebilde nicht allein auf die Oberhaut beschränkt, sie finden sich sowohl in der Oberhaut, als auch in der Rinde, ja selbst im Mark und im Basttheile der Gefässbündel. Die Cystolithen haben hier spindel- bis keulenförmige Gestalt, bisweilen sind sie auch gebogen und hufeisenförmig. Im Allgemeinen kann man sagen, ihre Gestalt stimme mit der der Zelle, in welcher sie sich befinden, überein, so zwar, dass dieselben in der Rinde und im Baste langgestreckt und gerade, in den Zellen der Oberhaut und des Markes hingegen von mehr unregelmässiger Gestalt sind. Der Stiel ist hier bedeutend feiner, ja bei den in den inneren Geweben der Pflanzen vorkommenden Cystolithen gelingt es nur sehr selten, denselben zu sehen; bei den langgestreckten Formen in Rinde und Bast konnte ich ihn trotz aller Mühe nicht entdecken. Bei den Epidermiszellen ist seine Anheftungsstelle an dem Cystolithenkörper ganz regellos bald hier, bald dort gelegen, bei hufeisenförmigen Gestalten befindet sie sich meist in der Mitte der convexen Seite.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Weit mannigfaltiger als bei allen Urticeen ist die Gestalt der Cystolithen bei den Acanthaceen, entsprechend ihrem viel häufigeren und auf verschiedenartige Gewebe ausgedehnten Vorkommen. Bei den Acanthaceen kann man, vielleicht mit Ausnahme des Holztheiles der Gefässbündel, von keiner Art von Geweben sagen, dass absolut keine Cystolithen in demselben vorkommen. Diesem Umstande gemäss findet man oft in ein und derselben Pflanze Cystolithen von ganz verschiedener Gestalt. In den Epidermiszellen finden sich bei einigen Arten noch kugelförmige und ellipsoidische Gestalten, aber je unregelmässiger die Gestalt der Zellen wird, desto unregelmässiger wird auch die der Cystolithen. Es finden sich dann in die Länge gezogene, an beiden Enden stumpfe Formen und ganz regellos ausgebildete Körper. Am constantesten ist die Form der Cystolithen, welche in den langgestreckten Zellen des Bastes und der Rinde enthalten sind. Hier sind sie auffallend lang, gewöhnlich zu zweien in zwei übereinanderliegenden Zellen so orientirt, dass die beiden Enden, welche der gemeinsamen Zellwand zugekehrt sind, stumpf, die anderen spitz sind. Im Gegensatze zu diesen zeigen jene des Markes die unregelmässigsten Gestalten. Das Mark ist dasjenige Gewebe, in welchem am seltensten Cystolithen auftreten und in dem sie gewöhnlich nur eine geringe Grösse erreichen. Dadurch scheint auch ihre Gestalt von der der Zellen unabhängig zu werden und kommen so die abenteuerlichsten Formen zu Stande. Ich fand im Marke von *Fittonia Verschaffeltii* Hort. und *argyroneura* Hort. Cystolithen, welche nach Art eines Hirschgeweihes in mehrere Spitzen ausliefen (Fig. 3, 4), andere, welche schneckenförmig gewunden erschienen, wieder andere, welche ganz unregelmässig gekrümmt, die Gestalt der ganz verzerrten Zelle, in der sie sich befanden, annahmen, (Fig. 1, 2). Es lässt sich hier für die Gestalt und Form derselben eben gar keine Regel aufstellen.

Was den Stiel dieser Körper anlangt, so ist derselbe ebenso wie bei den oben genannten Gattungen der Urticeen, sehr zart, und hängt sein Sichtbarwerden immer mehr oder weniger vom Zufalle ab. Bei den Epidermis- und Markzellen gelang es mir zu wiederholten Malen, denselben ganz deutlich zu sehen, doch konnte ich ihn bei den langgestreckten Körpen in Rinde und

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Bast hier ebensowenig, als bei jenen Urticeen beobachten, so dass auch ich mich der Ansicht Schacht's[1] zuneige, dass derselbe hier resorbirt werde. Was die Anheftungsstelle des Stieles am Körper betrifft, so kann ich schon nach den wenigen Beobachtungen, welche ich gemacht, die Behauptung aufstellen, dass dieselbe ganz regellos in verschiedenen Fällen an ganz verschiedenen Punkten der Oberfläche des Körpers gelegen sei. Schacht's Bemerkung,[2] dass der Stiel bei donnerkeilförmigen Körpern am stumpfen Ende derselben angeheftet ist, kann ich insoferne nicht bestätigen, als ich in der Oberhaut nur an beiden Enden stumpfe Körper beobachtete, bei denen dann der Stiel, so oft er zu sehen war, an der Langseite angeheftet war. Die erwähnte Angabe muss sich aber auf Oberhautzellen beziehen, wenn sie überhaupt mit den anderen oben citirten Stellen irgendwie in Einklang gebracht werden soll. Gegen diese Annahme spricht allerdings der Umstand, dass Schacht keinen einzigen Cystolithen dieser Gestalt aus der Oberhaut abbildet. Die Zeichnungen in Fig. 17 und 18 zeigen keinen Stiel, sie stellen Präparate aus *Justicia sanguinea* Willd. dar, welche, wie Schacht selbst angibt, keine Cystolithen in der Oberhaut enthält. Bei den donnerkeilförmigen Körpern der inneren Gewebe aber vermuthet Schacht nur das Vorhandensein des Stielchens, und es ist somit wieder nicht anzunehmen, dass er dessen Anheftungsstelle so genau anzugeben vermag. Bei weitem leichter als bei den Cystolithen der Oberhaut, der Rinde und des Bastes ist es bei denen des Markes, den Stiel wahrzunehmen, wenn auch über seine Lage bei der meist ganz unregelmässigen Gestalt dieser Körper sich gar nichts Weiteres angeben lässt.

Was endlich die Anheftungsstelle des Stieles an der Zellwand betrifft, so liegt dieselbe bei Oberhautzellen in der Regel dort, wo diese Zellen von den benachbarten Zellen nicht berührt werden, also an der Aussenwand der Zelle. Ist dieser Theil nur klein oder ragt er haarartig aus der Oberhaut hervor, so sitzt der Stiel im Centrum dieses freien Theiles. Diese Erscheinung ist Regel bei den Urticeen, bei welchen das Vorkommen der Cysto-

[1] l. c. p. 146.
[2] l. c. p. 143.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

lithen auf die Oberhaut beschränkt ist; sie erfährt jedoch eine Ausnahme bei *Broussonetia papyrifera* Vent, wo, wie schon Sachs[1] bemerkt, gewöhnlich zwei Cystolithen in einer Zelle vorkommen, welche dann an der Seitenwand der hier haarartig entwickelten Zelle angeheftet sind (Fig. 5). Bei den Haarzellen der oberen Blattseite finden sich sogar bisweilen drei Cystolithen vor, doch wird einer derselben hier bisweilen durch eine vollkommen cystolithenartig ausgebildete Füllmasse vertreten; diese erscheint dann immer in der Spitze des Haares und unterscheidet sich von den anderen Cystolithen nur durch den Mangel des Stieles (Fig. 6, 7). Auf eine solche Erscheinung macht auch schon Schacht[2] bei *Urtica nivea* aufmerksam. Bei den Urticeen, bei welchen auch in den inneren Geweben Cystolithen vorkommen, ist das frei nach aussen liegende Stück der Membran der Oberhautzellen ungleich grösser, ebenso auch bei den Acanthaceen; die Anheftungsstelle des Cystolithenstieles ist auch hier an dieser Stelle, ohne jedoch irgend welche Beständigkeit in der Orientirung der Begrenzung der Zelle gegenüber zu zeigen, auch soll nach Schacht[3] in diesem Falle namentlich bei *Barleria alba* Hort. eine Anheftung an der Querwand der Zelle zu beobachten sein, doch fand ich im Laufe meiner Untersuchungen keine Bestätigung dieser Angabe. Bei den Markzellen lässt sich keine bestimmte Orientirung der Anheftungsstellen der Stiele beobachten. Bei den scheinbar stiellosen Cystolithen in Rinde und Bast entfällt selbstverständlich jede diesbezügliche Bemerkung. Was die Lage der Anheftungsstelle bei den Traubenkörpern von *Ficus* betrifft, so gibt schon Meyen ganz richtig an, dass dieselbe von oben betrachtet, immer dort liegt, wo mehrere Oberhautzellen strahlig zusammenstossen. Schacht[4] gibt für *Ficus australis* Willd. an, es zeige sich hier „eine kleine Erhebung, gewissermassen eine Haarspitze, als ob die Zelle den Versuch zur Bildung eines Haares gemacht hätte“. Dieselbe Erscheinung beobachtete Wedell[5] bei *Ficus montana* Burm.

---

[1] l. c. p. 69.
[2] l. c. p. 152 u. 153 in der Erklärung zu Fig. 13.
[3] l. c. p. 143.
[4] l. c. p. 137 u. Fig. 1—5.
[5] l. c. p. 272. in der Erklärung zu Fig. 2.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Geht man nun zur Untersuchung der inneren Structur über, so muss man zunächst den kohlensauren Kalk durch irgend eine schwache Säure entfernen, um so die organische Grundlage unversehrt zu erhalten und so den Bau derselben studiren zu können. Wir sehen dann bei *Ficus* ein ganz anderes Bild als bei den Acanthaceen, denen sich auch jene Urticeen, welche in den inneren Geweben Cystolithen führen, anschliessen, so dass es gerathen erscheint, diese beiden Gruppen getrennt von einander zu betrachten.

Bei *Ficus* ist die Masse der restirenden organischen Substanz eine ziemlich bedeutende. Wir sehen hier einen ziemlich derben, für den Fall, als die Zelle an ihrem oberen Ende von den benachbarten Zellen stark nach abwärts gedrängt wird, mit der Membran dieses oberen flaschenförmigen Endes der Zelle verwachsenen, compacten Stiel, welcher sich etwa bis in die Mitte des Körpers des Cystolithen hinein erstreckt, bei längerem Liegen in Essig- oder Salzsäure wohl auch unregelmässige Krümmungen erfährt und an seiner Spitze kaputzenartig mit Zellstoffschichten überkleidet ist, welche an der Basis des Stielchens allmälig mit der scheinbar ungeschichteten Substanz dieses letzteren verschmelzen. Ob diese Schichten sich auch an dem Stiel oder vielleicht sogar an der Zellwand fortsetzen, vermag ich nicht zu entscheiden; doch scheint der Umstand, dass ein Aufquellen der der Anheftungsstelle des Stieles benachbarten Theile der Zellmembran auch hier eine Schichtung erkennen lässt, eine Bestätigung jener Vermuthung zu enthalten. Eine deutliche Schichtung des Stielchens konnte ich im Widerspruche mit Meyen und Schacht ebensowenig wahrnehmen als Wedell und Duchartre.

Diese Zellstoffschichten werden nun von radial verlaufenden Linien durchsetzt, welche schon von Schacht erwähnt, von Sachs und Kny einer genaueren Untersuchung unterzogen wurden. Wie Kny ganz richtig bemerkt, färben sich diese Streifen auf Zusatz von Chorzinkjod dunkelblau, und zwar intensiver, als die umliegende geschichtete Masse. Kny wurde durch diese Beobachtung zur Annahme eines Structurverhältnisses veranlasst, welches gar kein Analogon im gesammten Pflanzenreiche aufzuweisen hätte, nämlich zur Annahme von Zellstoff-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

balken, welche die geschichtete Masse stützen und so gleichsam die Tragpfeiler in dem Gerüste der organischen Grundlage bilden würden. Dieser Ansicht vermag ich jedoch nicht beizustimmen, im Gegentheile scheint sie mir durch eine meiner Beobachtungen geradezu widerlegt zu werden. Wenn man nämlich einen Schnitt aus dem Blatte von *Ficus elastica* Roxb. längere Zeit in Kalilauge kocht, so verschwindet bei allen Cystolithen, auch bei jenen, welche diese Zeichnung in besonders deutlicher Weise zeigten, dieselbe vollständig und es wäre wohl nicht erklärlich, wie ein Zellstoffbalken durch diesen Vorgang entfernt werden sollte.

Dagegen gewinnt die Sachs'sche Ansicht hiedurch bedeutend an Wahrscheinlichkeit, dass wir es nämlich mit einer Streifung, das heisst mit auf der zur Contour parallelen Schichtung senkrechten, wechsellagernden wasserärmeren und wasserreicheren Partieen von Zellstoff zu thun haben. Sachs' Angabe, dass die äussersten Partien der Cystolithen nicht geschichtet seien, scheint, wie auch Kny angibt, auf einer irrigen Beobachtung zu beruhen; ich sah sie wenigstens stets deutlich geschichtet, wenn auch viel ärmer an organischer Substanz als die inneren.

Ganz anders verhalten sich die Cystolithen bei den Acanthaceen, sowie bei den Gattungen *Pilea*, *Elatostemma* und *Myriocarpa*. Vor Allem ist hier die organische Grundlage viel ärmer an Substanz, so dass nach Entfernung des kohlensauren Kalkes schon ziemlich starke Objective nöthig sind, um die Körper genau wahrzunehmen. Auf den ersten Blick zeigen auch diese Körper eine concentrische Schichtung und die oben beschriebene radiale Zeichnung, so dass sich in der Structur kein wesentlicher Unterschied gegenüber den Cystolithen der meisten Urticeen ergeben würde. Eine genauere Untersuchung lehrt jedoch, dass die radiale Streifung hier eine ganz andere Bedeutung habe als dort. Auch die Schichtung bietet hier ein im Allgemeinen verschiedenes Bild. Denn da auch hier die Schichten an der Befestigungsstelle des Stieles zusammenlaufen, der Stiel aber hier sehr oft an der Langseite des Cystolithen und in dem Falle auch nicht einmal immer in der Mitte befestigt ist, so verlaufen die Schichten oft ganz unregelmässig und zeigen nur selten die regelmässige Ausbildung, wie bei *Ficus*. Bei den sogenannt

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

donnerkeil-, vielleicht besser keulenförmigen Körpern der Rinde und des Bastes ist es sogar Regel, dass die Schichten gegen das spitze Ende zu bedeutend stärker werden, während sie an der stumpfen Seite so dünn werden, dass man sie kaum mehr zu unterscheiden vermag. Dieser Umstand lässt nun wohl vermuthen, dass der Stiel an diesem Punkte befestigt sei oder doch befestigt gewesen sei und mochte auch vielleicht Schacht dazu verleitet haben, diese Behauptung mit solcher Sicherheit auszusprechen, wiewohl dies mit seinen übrigen Angaben nicht vollständig zusammenstimmt. Der Kern des Körpers zeigt auch hier keine Schichtung und gleicht oft einem Hohlraume, doch gelang es mir nie, einen solchen mit Sicherheit nachzuweisen. Bis hieher erscheinen die Unterschiede den Cystolithen von *Ficus* gegenüber bloss als Folge der verschiedenen Ausbildungsweise und Gestalt der Körper. Anders verhält es sich mit der radialen Zeichnung. Zwar erscheint auch sie, wenigstens auf Querschnitten durch spiess- oder spindelförmige Körper in ganz ähnlicher Weise wie bei *Ficus*, doch schon die Längsansicht dieser Gebilde lehrt, dass diese Zeichnung hier eine andere Bedeutung habe als dort. Sie erscheint nämlich in diesem Falle in Form von kurzen Längslinien, welche den Cystolithen bedecken. Kochen in Kalilauge bewirkt hier keine Veränderung, selbst wenn man es soweit fortsetzt, dass sich bereits die einzelnen Zellen aus ihrem Verbande lösen. Dieser letztere Umstand zeigt wohl am deutlichsten die Verschiedenheit der beiden Erscheinungen. Eine genauere Untersuchung zeigt hier, dass eine locale Unterbrechung der organischen Substanz vorhanden zu sein scheint, so dass gleichsam der ganze Körper von Längsrissen durchsetzt erscheint (Fig. 8—11). Auch ist es nach der Beobachtung des Vorganges der Lösung des kohlensauren Kalkes wohl sicher, dass hier nicht nur eine Einlagerung, sondern auch eine Auflagerung von kohlensaurem Kalk stattfindet, indem sich die äussersten Partien der Cystolithen vollständig lösen und die rückständige organische Substanz keine solchen Unebenheiten erkennen lässt, wie der vollständige Körper oder der Rückstand bei *Ficus*; auch zeigt die mikrometrische Messung hier ein Kleinerwerden des Durchmessers, derselbe wird durch die Entfernung

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

des kohlensauren Kalkes etwa um ein Zehntel seiner Länge verkürzt. Hier zeigt sich also eine bedeutende Verschiedenheit.

III.

Chemische Beschaffenheit der Cystolithen.

Wie oben angeführt wurde, hielt Meyen die von ihm entdeckten Körper in den Epidermiszellen von Blättern mehrerer *Ficus*-Arten für Gummikeulen, welche mit Krystallen kohlensauren Kalkes besetzt sind. Zu der Annahme von Gummikeulen als erste Entwicklungsstadien der fraglichen Körper verleitete ihn seine Beobachtung, dass die ersten Anlagen derselben in mineralischen Säuren aufquellen und sich in kochendem Wasser allmälig lösen. Auch Schleiden scheint, nach den wenigen Worten, welche er diesem Gegenstande widmet, zu schliessen, der Ansicht zu sein, die Cystolithen bestehen aus einer gummiartigen Substanz, wenigstens spricht er ausdrücklich von mit Kalk besetzten Gallertmassen (?) in der Epidermis von *Justicia* und in Rinde und Mark zerstreut bei *Eranthemum*.[1]

Payen richtet seinem Berufe als Chemiker gemäss auch hier sein Augenmerk in erster Reihe auf die Beobachtung der chemischen Eigenschaften der Cystolithen und weist nach, dass dieselben aus Zellstoff, welcher mit kohlensaurem Kalke imprägnirt ist, bestehen. Lässt man nämlich auf ein vollständig entwickeltes Gebilde dieser Art eine Säure, z. B. Essig- oder Salzsäure einwirken, so entsteht ein lebhaftes Aufbrausen und eine völlige Veränderung im Aussehen der Cystolithen. Dieselben erscheinen dann (nach Payen) für den Fall, als die Säure, welche man in Anwendung brachte den kohlensauren Kalk in eine lösliche Verbindung überführte, als ein Aggregat von Zellen, deren Membranen ebenso wie der Stiel auf Anwendung von Jod und Schwefelsäure blau gefärbt erscheinen und so ihre Substanz als Zellstoff erkennen lassen. Das Eintreten dieser Reactionen

[1] Grundzüge der Botanik. 2. Aufl. II. Band. p. 149.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

bestätigen auch sämmtliche späteren Autoren, und Schacht gibt auch für die Entwicklungsstadien, welche Meyen für Gummikeulen erklärte, das Auftreten der Zellstoffreaction gegen Jod und Schwefelsäure an. Auch verhalten sich die Cystolithen der Acanthaceen in chemischer Beziehung seinen Beobachtungen zufolge genau wie jene der Urticeen.

Ein anderer Stoff, dessen Vorkommen in den Cystolithen Payen ebenfalls angibt, ist die Kieselsäure. Nach seiner Angabe[1] bleibt nämlich bei der Veraschung der vom kohlensauren Kalke befreiten Cystolithen ein leichter Rückstand von Kiesel (*un réseau siliceux très-léger*). Die späteren Autoren berühren diese Verkieselung mit keinem Worte, nur Hofmeister erwähnt dieselbe mit ausdrücklicher Zugrundelegung der angeführten Stelle Payens, und endlich findet sich in Luerssen, Grundzüge der Botanik[2] die Angabe, dass der Stiel der Cystolithen verkieselt sei. Dieser Angabe liegt jedoch nach einer brieflichen Mittheilung von Luerssen an Wiesner die oben genannte Stelle aus Hofmeister's Handbuch, sowie die Beobachtung zu Grunde, dass sich die Stiele der Cystolithen gegen concentrirte Schwefelsäure sehr resistent zeigen. Die bei Hofmeister citirte Abbildung Payen's zeigt jedoch ausdrücklich den Stiel zerstört und ebenso, wie ich weiter unten zeigen werde, wird derselbe durch Chromsäure vollständig entfernt, es kann also von einer Verkieselung des Stieles wohl nicht die Rede sein.

Es ist nun vor Allem festzustellen, ob die Meyen'sche Ansicht über die Gummikeulen ganz aus der Luft gegriffen war, wie es, nachdem alle späteren Autoren diesen Punkt unerörtert lassen, den Anschein hat. Dieser Punkt ist äusserst schwierig. Dass die Anlagen der Cystolithen, welche im fertigen Zustande als Stiel erhalten bleiben, nicht, wie Meyen meint, nur aus Gummi bestehen, ist allerdings sicher, denn dieselben zeigen auf Anwendung gewisser Reagentien die Eigenschaften des

[1] l. c. p. 241. in der Erklärung der Tafel 7, Fig. 5a—d, nicht Fig. 6, wie Hofmeister, Handb. der physiol. Botanik, I. 1. p, 244 citirt.

[2] Leipzig, 1877. p. 18.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Zellstoffes, dessen Anwesenheit hiedurch unzweifelhaft festgestellt wird. Allein ob nicht in dieser Cellulose oder neben derselben in diesen Körpern Gummi enthalten sei, das ist eine Frage, deren Lösung zumal bei der geringen Grösse der zu untersuchenden Körper ausserordentliche Schwierigkeiten bereitet, umsomehr als für Gummi kein einziges mikrochemisch anwendbares Mittel zum Nachweise seiner Gegenwart zu Gebote steht. Man wird daher darauf angewiesen sein, aus makroskopischen Beobachtungen auf die Gegenwart oder Abwesenheit des Gummi zu schliessen; zu ganz sicheren und feststehenden Resultaten kann man allerdings auf diesem Wege nie gelangen. Die einzige Beobachtung unter dem Mikroskope, welche mich auf Vorhandensein von Gummi schliessen liess, war, dass ein Präparat, das zuerst in Weingeist gelegen war, später in destillirtes Wasser gebracht, ein sehr starkes Aufquellen der den Stiel unmittelbar umgebenden Theile der Zellmembran, welche dann auch eine deutliche Schichtung zeigten, zur Anschauung brachte. Beim Kochen von Blattstücken, Alles bei *Ficus elastica* Roxb., in destillirtem Wasser erfolgte auf Zusatz von absolutem Alkohol keine Fällung, dagegen zeigte sich eine solche bei Anwendung desselben Reagens, wenn man statt des Wassers eine Lösung von kohlensaurem Natron als Lösungsmittel verwendet hatte, so dass das Vorhandensein von Gummi, und zwar, da sich kein ausgeschiedener kohlensaurer Kalk nachweisen liess, von Bassorin in den Blättern von *Ficus* wohl keinem Zweifel mehr unterliegt. Ob aber dieses Bassorin gerade in den Cystolithen enthalten ist, bedürfte erst des Nachweises. Meinen Untersuchungen zufolge kann ich hierüber nur sagen, dass die gummöse Substanz bei jungen Blättern, wo in den Cystolithen noch kein kohlensaurer Kalk enthalten ist, viel leichter in Lösung übergeht als bei vollständig entwickelten, so zwar, dass es mir bei letzteren lange nicht gelang, dieselbe in Lösung überzuführen, ohne die Blattstücke vorher in Essigsäure einige Zeit liegen zu lassen. Diese letztere Erscheinung deutet allerdings auf einen Zusammenhang der Löslichkeit des Gummi mit dem Verkalken des Cystolithen und so mittelbar auf das Vorhandensein des ersteren in diesen, ebenso spricht jenes Aufquellen dafür, da ja das Gummi hier in Form von Bassorin'

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

also in einer in Wasser unlöslichen und nur quellbaren Art auftritt; und endlich wäre vielleicht auch der Umstand, dass die Cellulose der Cystolithen sich mit Chlorzinkjod viel intensiver färbte, wenn man vorher das Bassorin entfernt hatte, nicht ohne Bedeutung, da ich an mit einer Lösung von arabischem Gummi imprägnirter Baumwolle selbst beobachtete, dass diese Reaction durch die Anwesenheit von Gummi beeinträchtigt werde. Trotzdem lässt sich jedoch nicht mit Sicherheit angeben, ob diese Annahme richtig ist, nur dürfte es keinesfalls feststehen, dass Meyen ganz Unrecht hatte, als er die Anwesenheit von Gummi in den Cystolithen behauptete. In den Cystolithen der Acanthaceen ist wohl sicher kein Gummi enthalten. Die Gallertmassen, welche Schleiden (s. oben) hier fand, sind nichts Anderes als die restirenden Zellstoffgerüste nach Entfernung des kohlensauren Kalkes. Diese sind ja auch thatsächlich mit kohlensaurem Kalke bedeckt. Zu dem Ausdrucke „Gallertmassen" setzt auch Schleiden schon ein Fragezeichen.

Die Hauptmasse aller Cystolithen besteht aus Zellstoffschichten, in oder zwischen welche kohlensaurer Kalk eingelagert ist; dieser Satz steht zweifellos fest und wird von allen neueren Autoren einstimmig anerkannt. Zu dieser Einlagerung von kohlensaurem Kalke tritt bei den Acanthaceen auch noch eine Auflagerung desselben.

Das Vorkommen von Kieselsäure in den Cystolithen scheint mir noch nicht vollkommen sichergestellt zu sein. Alle diesbezüglichen Angaben bis auf eine, welche von H. v. Mohl herrührt, und auf die weiter unten aufmerksam gemacht werden soll, reduciren sich auf ein Citiren der oben angeführten Stelle aus Payen's Schrift, welcher die Gegenwart von Kieselsäure durch das Vorhandensein eines Rückstandes bei der Veraschung der entkalkten Cystolithen für bewiesen hält. Da Payen selbst sagt, er habe, um die organische Grundlage nicht zu verletzen, immer nur sehr verdünnte Salzsäure angewendet, um den Kalk zu entfernen, so dürfte die Angabe Payen's wohl mit einiger Vorsicht aufzunehmen sein, da ja dann immer noch weniger leicht zerlegbare Kalksalze der Einwirkung der stark verdünnten Säure hätten Widerstand leisten können und dann

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

bie der Veraschung als Rückstand erhalten worden wären. Ich selbst wandte bei meinen Untersuchungen nebst der Verasehung auch Chromsäure an, nachdem ich vorher mit concentrirter Salzsäure oder eben solcher Essigsäure behandelt hatte. Letztere liefert in Folge dessen, dass ihr oxalsaurer Kalk widersteht, von vornherein keine absolut sicheren Resultate; bei ersterer jedoch erhielt ich, zwar ebenso wie bei dieser, sowohl bei der Veraschung, als bei der Behandlung mit Chromsäure einen Rückstand, doch erschien derselbe bei den Chromsäurepräparaten im polarisirten Lichte doppeltbrechend, was eher auf eine krystallisirte Substanz schliessen liesse. Doch könnte man vielleicht trotzdem das Vorhandensein von Kieselsäure annehmen, nachdem ja auch der Opal, die amorphe Form der Kieselsäure im Mineralreiche, nicht immer gegen polarisirtes Licht sich neutral verhält, und ja auch andere amorphe Körper doppeltbrechend sind. Für das Vorhandensein von Kieselsäure als Rückstand würde auch der Umstand sprechen, dass nach vorherigem Kochen der Schnitte in Kalilauge, welche bekanntlich[1] alle bisher im Pflanzenreiche beobachteten Kieselverbindungen in Lösung überführt, bei der Veraschung gar kein Rückstand übrig bleibt, vorausgesetzt, dass man die Kalksalze vorher durch Salzsäure entfernt hatte. Wahrscheinlich erscheint somit das Vorhandensein von Kieselsäure in den Cystolithen allerdings und dürfte H. v. Mohl's Angabe,[2] die Cystolithen von *Ficus*, *Parietaria* und einigen verwandten Arten seien verkieselt, die Zweifel, welche über diesen Punkt herrschen, vielleicht vollständig beheben, da dieser Forscher sich gerade mit dem Nachweise der Kieselsäure in den Pflanzen beschäftigte; immerhin mag es angezeigt sein, die Untersuchungen hierüber fortzusetzen, um mit voller Bestimmtheit diese Frage beantworten zu können. Auf keinen Fall jedoch ist, wie Luerssen angibt, der Stiel verkieselt und der Körper verkalkt; der Stiel wird durch Chromsäure immer in ziemlich kurzer Zeit vollständig zerstört; wird derselbe durch Schwefelsäure nicht angegriffen, so muss diese Erscheinung ihren Grund in irgend

[1] s. H. v. Mohl, Botanische Zeitung 1861.

[2] l. c. p. 229.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

einer anderen Eigenthümlichkeit des Stieles, vielleicht in einer Cuticularisirung haben, dies würde auch mit meiner Beobachtung, dass der Stiel des vollkommen ausgebildeten Cystolithen die Zellstoffreaction gegen Chlorzinkjod immer nur ziemlich undeutlich zeigt, übereinstimmen. Die Verkieselung würde hier gleichzeitig mit der Verkalkung nur dem Körper des Cystolithen zukommen; ein solches gleichzeitiges Vorkommen von kohlensaurem Kalk und Kieselsäure wurde von Gorup-Besanez[1] auch in anderen Pflanzentheilen, z. B. in Früchten von *Lithospermum* aufgefunden; auch die Haare dieser Pflanzen haben nach H. v. Mohl's und meiner Beobachtung verkieselte Membranen, während ihre Füllmasse sehr reich an kohlensaurem Kalke ist (s. weiter unten). Bei Acanthaceen werden die Cystolithen durch Einwirkung von Schwefelsäure in verhältnissmässig sehr kurzer Zeit zerstört, so dass von einem Vorhandensein von Kieselsäure wohl nicht die Rede sein kann.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass Cystolithen aus Blattstücken von *Ficus elastica* Roxb., welche längere Zeit in Essigsäure lagen (die Erscheinung tritt ungefähr in 36 bis 48 Stunden ein), in ihren inneren Partien lebhaft grün gefärbt erscheinen. Diese grüne Färbung verwandelt sich auf Zusatz von Alkalien in eine gelbe, um auf Zusatz von Säuren wieder grün zu erscheinen. Es ist hier gleichgültig, welche Säure man in Anwendung bringt, am intensivsten wirkt Salpetersäure, doch tritt die Erscheinung bei Salz- und Schwefelsäure, selbst bei organischen Säuren, z. B. Weinsäure, auch sehr schön hervor. Auch Kali und Ammoniak wirken als Basen ganz gleich. Zu bemerken wäre noch, dass die durch Basen erzeugte gelbe Färbung nach Kochen in destillirtem Wasser verschwindet und durch Säuren nicht mehr hervorgerufen werden kann, es scheint also die durch Säuren und Alkalien wechselnde Färbung von einer Substanz herzurühren, welche mit Alkalien eine in Wasser lösliche mit Säuren hingegen eine in dieser Flüssigkeit unlösliche Verbindung liefert, da die grüne Färbung bei demselben Vorgange nicht verschwindet.

---

[1] Annalen der Chemie und Pharmacie. 1875.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Wesentlich verschieden von dieser Erscheinung ist das namentlich bei *Goldfussia anisophylla* Nees. sehr schön zu beobachtende Auftreten von grünen Cystolithen, wie sie in der Familie der Acanthaceen vorkommen, deren Farbe auf Zusatz von Säuren verschwindet oder, wie ich bei *Sanchezia glaucophylla* Hort. beobachtete, sich in Roth verwandelt und somit wahrscheinlich von Anthokyan herrühren dürfte; ob diese durch Säuren hervorgerufene rothe Farbe durch Alkalien wieder in Grün verwandelt werde, wie wohl sehr wahrscheinlich ist, konnte ich nicht entscheiden, da das lebhafte Aufbrausen des kohlensauren Kalkes bei dem Hinzutreten einer Säure jede diesbezügliche Beobachtung unmöglich machte. Wodurch jene Färbung bei *Ficus elastica* Roxb. hervorgerufen werde, scheint mir ebenfalls noch zweifelhaft, und die Lösung dieser Frage hat in Folge der geringen Grösse der Cystolithen ausserordentliche Schwierigkeiten.

Ein in chemischer Beziehung interessanter Punkt ist auch der, dass im Marke von *Ruellia picta* Bot. cab. und anderer Acanthaceen Cystolithen vorkommen, welche, nach ihrem Verhalten gegen Chlorzinkjod und schwefelsaures Anilin zu urtheilen, verholzt sind. Dieselben zeigen immer einen sehr deutlichen Stiel und finden sich nur in Zellen, deren Membran ebenfalls verholzt ist.

IV.

Optisches Verhalten der Cystolithen.

Was das Verhalten der Cystolithen im polarisirten Lichte betrifft, so gibt schon Schacht[1] an, dass sich hier alle Cystolithen als doppeltbrechend erweisen, sie erscheinen auf dunklem Gesichtsfelde hell, auf farbigem in der complementären Farbe. Sachs[2] hingegen gibt an, dass die Cystolithen niemals eine Aufhellung des Gesichtsfeldes hervorrufen, der kohlensaure Kalk könne daher nicht in krystallinischer Form abgelagert sein, während Kny[3] die Polarisationserscheinungen bei den

[1] l. c. p. 147.
[2] l. c. p. 69.
[3] l. c. p. 28.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Cystolithen genauer beschreibt und nicht nur eine Aufhellung des Gesichtsfeldes, sondern das deutliche Hervortreten eines Kreuzes anführt. Alle diese Erscheinungen treten nach Entfernung des kohlensauren Kalkes noch deutlicher hervor, so dass die Cellulose zum mindesten mit Ursache derselben ist.

Die Angabe Kny's fand ich durch meine Beobachtungen in jeder Beziehung bestätigt, und wäre derselben nur noch beizufügen, dass ganz dieselben Erscheinungen, welche Kny für *Ficus elastica* Roxb. beschreibt, auch bei den Cystolithen der Acanthaceen zu beobachten sind. Alle Cystolithen erscheinen bei gekreuzten Nicols lebhaft leuchtend und zeigen ein deutliches Polarisationskreuz (Fig. 12). Da man diese Erscheinungen noch deutlicher wahrnimmt, wenn der kohlensaure Kalk vorher entfernt wurde, so ist Sachs' Behauptung, der kohlensaure Kalk trete in amorphem Zustande auf, wohl nicht widerlegt, doch ist jedenfalls auch der krystallinische Zustand nicht ausgeschlossen. Von Krystallen oder Krystalldrusen konnte ich jedoch nichts entdecken, ich kann somit die Angabe Hofmeister's,[1] dass der kohlensaure Kalk in Krystalldrusen zwischen den Membranlamellen der Cystolithen abgelagert sei, nicht bestätigen. Die Bemerkung desselben Forschers, dass die Beleuchtung mit polarisirtem Lichte zeige, dass die einzeln nicht oder kaum wahrnehmbaren Krystalle in jeder solchen Druse strahlig angeordnet seien, kann ich nicht eingehender besprechen, da mir nicht vollkommen klar ist, in welcher Weise das Verhalten in polarisirtem Lichte die Orientirung der einzeln nicht wahrnehmbaren Krystalle des kohlensauren Kalkes zeigen soll.

V.

Entwicklungsgeschichte.

Die Literatur, welche entwicklungsgeschichtliche Angaben enthält, umfasst nur einen kleinen Theil der am Anfange dieser Schrift angeführten Werke. Meyen beobachtete die Entwicklung der von ihm beschriebenen Traubenkörper bei *Ficus elastica*

[1] Handbuch der physiol. Botanik. I. 1. p. 180.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Roxb. Nach seiner Meinung bedecken sich die „Gummikeulen", welche immer, wenn man das Blatt von der Fläche ansieht, im Mittelpunkte strahlig angeordneter Epidermiszellen entstehen, mit Krystallen kohlensauren Kalkes. Diese Gebilde entstehen zu einer Zeit, wo die Epidermis noch einschichtig ist und das Blatt, noch von der tutenförmigen Scheide umgeben, mit Haaren bekleidet ist. Payen[1] gibt seiner Ansicht über die Structur dieser Körper gemäss nur an, dass an der Spitze der anfänglich vollkommen cylindrischen Gebilde sich ein sehr feines Gewebe bilde, dessen Zellen sich dann mit kohlensaurem Kalke erfüllen. Ausser diesen Forschern gibt nur noch Schacht eine ausführliche Beschreibung der Entwicklung der Cystolithen der Urticeen, worin er angibt, dass das aus Schichten bestehende Zellstoffstielchen durch Apposition von neuen Schichten an dessen Spitze sich vergrössere, wobei gleichzeitig eine Einlagerung von kohlensaurem Kalke stattfindet. Die Bemerkung Hofmeister's,[2] als würde Schacht die Ursprungsstelle des Stielchens im Innern der Epidermalschicht angeben, indem die Zelle, in welcher sich der Cystolith befindet, von den benachbarten Zellen von der Oberfläche getrennt werde, erscheint nach dem ausdrücklichen Ausspruche Schachts[3] „Feine und gelungene Schnitte zeigen die Zelle immer als der obersten Zellenlage angehörig", als unbegründet. Über die Entwicklungsgeschichte der Cystolithen der Acanthaceen gibt Schacht[4] an, dass es ihm trotz allen Eifers nicht gelungen sei, irgend welche Entwicklungsstadien aufzufinden. Wenn er trotzdem später[5] die Entstehung der Körper „in den von ihm untersuchten Pflanzen" mit voller Bestimmtheit beschreibt, so enthält diese Stelle wohl einen directen Widerspruch zu dem früher von ihm Gesagten. Der von Schacht in Fig. 20 abgebildete Körper aus der Rinde von *Justicia sanguinea* Willd., in dem er ein Entwicklungsstadium zu vermuthen scheint, gleicht mehr den von mir früher erwähnten verholzten Cystolithen, und wären diese Vor-

[1] l. c. p. 79.
[2] Handbuch der physiol. Botanik. I. 1. p. 180. Anm. 3.
[3] l. c. p. 136.
[4] l. c. p. 144.
[5] l. c. p. 148.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

kommnisse also auch in der Rinde zu beobachten. Ich selbst sah sie indessen dort nicht, und die Frage lässt sich ohne genauere Angaben, welche sich bei Schacht nicht finden, nicht entscheiden. Sachs endlich begnügt sich dasjenige, was Schacht für *Ficus* angibt, für *Broussonnetia* zu bestätigen.

Bei der Betrachtung der Entwicklungsgeschichte unserer Körper dürfte es wieder zweckmässig sein, jene aus der Ordnung der Urticineen und jene aus der Familie der Acanthaceen, welche überhaupt in so vielen Punkten von einander abweichen, gesondert zu betrachten. Zugleich sei noch bemerkt, dass bei einer solchen Sonderung die Gattungen *Pilea* u. s. w. unter Einem mit den Acanthaceen zu behandeln sein dürften.

Über die Entwicklung der Cystolithen bei *Ficus* lässt sich dem, was bereits Schacht beobachtete, nicht viel Neues hinzufügen. Wie dieser Forscher ganz richtig angibt, entstehen in einer sehr frühen Zeit in einzelnen Zellen der Epidermis locale Verdickungen der äusseren Zellwände, welche in das Lumen der Zelle hineinwachsen und so allmälig zu cylindrischen Gebilden werden, welche frei in das Innere der Zelle vorragen. Zu dieser Zeit bestehen diese Stiele aus reinem Zellstoff und enthalten noch keine Spur von kohlensaurem Kalk. Nicht viel weiter entwickelt sind sie zu der Zeit, wenn das Blatt sich zu entfalten beginnt, sie erscheinen dann in der Form jener verkrüppelten Gebilde, welche Meyen auf der zweiten seiner Arbeit beigegebenen Tafel abgebildet hat. Auch zu dieser Zeit fand ich noch keinen Kalk vor und konnte auch von der Schichtung, welche Meyen vermuthet, Schacht ausdrücklich angibt, nichts entdecken. Erst bei etwas mehr entwickelten Blättern sah ich in den Cystolithen zuerst die vielfach erwähnte radiale Zeichnung auftreten, mit deren Erscheinen das des kohlensauren Kalkes zusammenfiel. Erst in späterer Zeit, wenn die Blätter schon ihre volle Grösse erreicht haben, kann man die vollständig entwickelten Cystolithen beobachten.

Im Gegensatze zu diesen Körpern, welche erst in verhältnissmässig so später Zeit ihre volle Ausbildung erlangen, zeigen die Cystolithen der Acanthaceen zu einer Zeit, wo eine Differenzirung der Gewebe im Urparenchym noch kaum begonnen hat, im Wesentlichen schon dasselbe Bild, wie im vollkommen

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

entwickelten Zustande. Anlagen von Blättern, welche im Längsschnitt durch die Knospe als blosse Protuberanzen an der Spitze des Stempels erschienen, enthalten gewöhnlich schon mit Kalk erfüllte, alle Erscheinungen der späteren Stadien zeigende Cystolithen. Es ist bei diesen Pflanzen ausserordentlich schwierig, die ersten Anlagen dieser Gebilde aufzufinden. Nur bei zwei Pflanzen aus dieser Gruppe, nämlich bei *Ruellia picta* Bot. cab. und *Cyrtanthera magnifica* Nees., gelang es mir, dieselben mit voller Sicherheit nachzuweisen. Bei *Goldfussia glomerata* Nees. glaube ich sie ebenfalls gesehen zu haben, doch konnte ich es hier nicht mit voller Sicherheit entscheiden. Die ersten Anlagen der Cystolithen erscheinen hier nämlich in den Zellen des Urparenchyms oft schon ganz nahe an der Vegetationsspitze als ganz winzige locale Verdickungen der Zellwand (Fig. 13, 14). Die mittelst eines Mikrometers gemessenen Gebilde dieser Art hatten eine Länge von 0·003—0·004 Millimeter, es gehörten die schärfsten Objective dazu, diese Dinge zur Ansicht zu bringen. (Ich arbeitete mit den Immersionssystemen Nr. 9 und 10 von Hartnack.) In diesem Zustande erwiesen sich die Cystolithen selbst bei Anwendung der stärksten mir zu Gebote stehenden Vergrösserung (Immersionssystem Hartnack Nr. 15 und holosterisches Ocular) als vollständig structurlos, sie zeigten sich auf Anwendung von Chlorzinkjodlösung als reine Cellulose und enthielten noch keine Spur von Kalk. Die Schacht'sche Angabe, dass sich die Cystolithen überall in gleicher Weise ausbilden, wird, was die erste Anlage betrifft, hiedurch allerdings bestätigt, wenn derselben damals auch keine Beobachtung zu Grunde lag. Dagegen geht die weitere Entwicklung in ganz anderer Weise vor sich als bei *Ficus*; schon in dem zweiten oder dritten Internodium von der Spitze aus gezählt, erscheinen die Cystolithen in ihrer fertigen Gestalt. Ein Stiel ist hier nur in den seltensten Fällen zu beobachten, da die Zellmembran den Cystolithen überall eng anliegt. In welcher Weise die weitere Entwicklung der Pflanze eine Veränderung der Cystolithen im Gefolge hat, konnte ich nicht entscheiden, nur so viel ist wohl sicher, dass die Cystolithen, auch nachdem schon kohlensaurer Kalk in ihnen zur Ablagerung gekommen ist, noch bedeutend an Grösse zunehmen. Ob dieses Wachsthum

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

nur durch Einlagerung von kohlensaurem Kalke, oder, was allerdings wahrscheinlicher ist, auch durch Hinzutreten organischer Substanz bewirkt wird, ob bei jenen Cystolithen, welche sich in Geweben befinden, deren Elemente stark in die Länge gezogen sind, der Stiel wirklich zerstört wird, und in welcher Weise dies geschieht, das sind hingegen Fragen, deren Beantwortung erst nach weiteren Beobachtungen möglich sein wird.

VI.

Vorkommen der Cystolithen und verwandte Bildungen.

Wie schon mehrfach erwähnt, beschränkt sich das Vorkommen der Cystolithen ausschliesslich auf die beiden Abtheilungen der Urticineen und Acanthaceen; die erste der beiden Gruppen in jener Fassung, in welcher sie Hanstein als 58. Ordnung seines Systemes aufstellt, welche gleichbedeutend mit De. Candolle's Familie gleichen Namens erscheint. Nach Wedell, welcher sich mit dieser Behauptung auf seine ausgedehnten Untersuchungen über die Familie der Urticaceen stützt, gibt es überhaupt keine Pflanze aus dieser Familie, welche keine Cystolithen enthält. Hiebei denkt Wedell jedoch nur an die Familie der Urticaceen in dem Sinne der neueren Systematiker, wie er ja überhaupt nur diese zum Gegenstande seiner Monographie sich erwählte. Nach Payen fehlen sie dagegen zwei Arten von *Dorstenia*, sowie den Gattungen *Ulmus* und *Platanus*. *Dorstenia* habe ich nicht untersucht, dagegen fand ich bei *Ulmus* und *Platanus* wirklich keine Cystolithen, so dass es allerdings den Anschein hat, als würden einige Urticineen keine derartigen Gebilde enthalten. Bei den Acanthaceen ist dies mit Sicherheit der Fall. Mehrere Arten aus dieser Familie enthalten gar keine Cystolithen, während gerade andere sie in sehr grosser Menge aufweisen. Schon Schacht gibt an, dass *Justicia purpurascens* Ham. der Cystolithen vollständig entbehre; dasselbe bemerkt Wedell über *Acanthus mollis* L. und über die Gattung *Acanthus* überhaupt; für die letztere Pflanze kann auch ich diese Angabe mit Rücksicht auf meine eigenen Untersuchungen vollkommen bestätigen und noch

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Geissomeria longiflora R. Br. als vollkommen cystolithenfreie Pflanze aus dieser Familie anführen. Schacht spricht die Ansicht aus,[1] als würde das Vorkommen von Cystolithen mit dem Vorkommen von farblosen Stärkekörnern in der Art zusammenhängen, dass eines das andere ausschliesst, und führt als einziges Beispiel einer solchen Stärkekörner enthaltenden Acanthacee die oben genannte *Justicia purpurascens* Ham. an, bei welcher er keine Cystolithen entdeckte. Bei den meisten Acanthaceen findet sich auch wirklich neben den Cystolithen Stärke gar nicht oder nur sehr spärlich vor, so dass es selten gelingt, dieselbe mit Sicherheit nachzuweisen; aber gerade bei einer Pflanze, bei welcher Cystolithen in besonders auffallender Menge erscheinen, nämlich bei *Goldfussia glomerata* Nees., erscheint farblose Stärke in solcher Menge, dass wohl von einem gegenseitigen Ausschliessen des Vorkommens dieser beiden Körper keine Rede sein kann. Es wäre vielleicht noch zu bemerken, dass bei einer Pflanze, welche Endlicher als „*dubii ordinis*" zwischen Scrophularineen und Acanthaceen anführt, bei *Sanchezia glaucophylla* Hort. Cystolithen in grosser Menge auftreten. Es wäre dies der einzige beobachtete Fall eines solchen Vorkommens bei einer Scrophularinee. Bei der geringen physiologischen Bedeutung, die man für diese Körper im Kampfe um's Dasein voraussetzen kann, dürften gerade sie sich in systematischer Beziehung verwerthen lassen, und in dieser Hinsicht wäre die genannte Pflanze wohl den Acanthaceen zuzurechnen.

In diesen beiden Gruppen des Pflanzenreiches sind aber auch noch die Gewebe zu besprechen, welche Cystolithen führen. Bei der Besprechung der Structurverhältnisse war es unvermeidlich, die Vertheilung dieser Körper in rohen Umrissen zu besprechen, eingehendere Angaben aber schienen besser an diesen Platz zu passen, da manche Bemerkungen über die morphologische und physiologische Bedeutung sich innig an die Besprechung dieser Verhältnisse anschliessen.

Die Ordnung der Urticineen nämlich enthält mit Ausnahme der schon mehrmals genannten Gattungen *Pilea*,

[1] l. c. p. 149.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Elatostemma und *Myriocarpa* ausschliesslich Pflanzen, bei denen das Vorkommen der Cystolithen auf die Oberhaut der Blätter beschränkt ist. Bei *Pilea* hingegen finden sich Cystolithen durch den ganzen Pflanzenkörper vertheilt, zunächst auch in der Oberhaut der Blätter, aber auch im Rindenparenchym und im Marke des Stengels. Bei *Elatostemma* und *Myriocarpa* hatte ich keine Gelegenheit, die Verhältnisse selbst zu untersuchen, und kann mich nur auf die Angabe Wedell's, dass sich diese Gattungen wie *Pilea* verhalten, stützen. Da sich jedoch diese Bemerkung zunächst nur auf die Gestalt der Cystolithen bezieht, so wäre es immerhin möglich, dass die Gewebe der Stengel hier derselben entbehren. Die Gattung *Pilea*, vielleicht im Vereine mit den oben genannten Verwandten, bildet so, was die Verbreitung der Cystolithen im Pflanzenkörper betrifft, den Übergang zu den Acanthaceen, wo sich in verschiedenen Gattungen fast in allen Geweben Cystolithen vorfinden. Ich möchte in dieser Beziehung nur den Holztheil der Gefässbündel ausnehmen, welcher, soweit meine Beobachtungen reichen, nie Cystolithen enthält. In allen anderen Geweben lassen sich wenigstens in ein oder der anderen Species dieser Familie derlei Gebilde nachweisen. Die an Cystolithen reichsten Acanthaceen, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, waren: *Goldfussia glomerata* Nees., *Ruellia picta* Bot. cab., *Fittonia Verschaffetii* Hort. und *argyroneura* Hort., sehr häufig finden sich dieselben auch bei *Sanchezia glaucophylla* Hort. Bei allen diesen Pflanzen sind sie im Collenchym, im Rindenparenchym, in den parenchymatischen Elementen des Bastheiles der Gefässbündel der Blätter und Stengel und im Marke zu finden, ja sogar im Pallisadenparenchym der Blätter treten dieselben auf, doch finden sie sich merkwürdigerweise gerade bei diesen Pflanzen sehr spärlich in der Oberhaut; ja bei mehreren dieser Arten fehlen sie diesem Gewebe ganz, eine Erscheinung, welche schon von Schacht für *Justicia sanguinea* Willd. angegeben wurde und welche ich selbst auch bei den beiden genannten Arten von *Fittonia* beobachtete, ungeachtet des Umstandes, dass die Cystolithen hier im übrigen Pflanzenkörper in so grosser Menge auftreten. Das Vorkommen der Cystolithen variirt übrigens selbst in den Grenzen ein und derselben Gattung

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

sehr bedeutend. Schon Schacht führt an, dass *Justicia purpurascens*, Ham. gar keine derartigen Körper enthalte, während sie bei anderen Arten derselben Gattung sehr zahlreich vorkommen. Ebenso ist ihr Vorkommen bei der Gattung *Goldfussia* ein sehr Verschiedenes. Bei *G. glomerata* Nees. treten dieselben im Marke besonders häufig auf, bei *G. isophylla* Nees. und *anisophylla* Nees. fehlen sie diesem Gewebe ganz; dagegen finden sie sich in noch grösserer Menge im Collenchym. Überhaupt hat es den Anschein, als wenn gerade dieses Gewebe, und zwar insbesondere die beiden Grenzen desselben, bei den Acanthaceen der Hauptsitz der Cystolithen wäre, wenigstens gelang es mir bei allen Pflanzen dieser Familie immer zuerst in diesem Gewebe dieselben nachzuweisen, wenn die betreffende Pflanze überhaupt welche enthielt. Der Vollständigkeit wegen sei noch erwähnt, dass bei Acanthaceen die Cystolithen nicht auf oberirdische Theile beschränkt sind, sondern auch in der Wurzel, wenn auch selten, vorkommen. Beispiele hiefür sind: *Goldfussia anisophylla* Nees., *G. glomerata* Nees. und *Ruellia picta* Bot. cab.

Das verschiedene Vorkommen der Cystolithen bei diesen beiden Hauptgruppen ist von umso grösserem Interesse, als dasselbe schon in der frühesten Jugend sich kund gibt und es dürfte vielleicht gerade aus diesem Grunde die Ansicht gerechtfertigt sein, dass die Beziehung derselben zu den morphologischen Verhältnissen der Pflanze nicht überall dieselbe ist. Schon Schleiden[1] führt die Cystolithenbildung der Urticineen auf eine Metamorphose von Haargebilden zurück, und zwar beruft er sich auf eine Erscheinung, welche bei den Borragineen auftritt, dass sich nämlich die Haare mit einer Füllmasse füllen, welche denselben jenes Aussehen verleiht, welches die Haare von *Ficus Carica* L., in deren unterem Theile sich bisweilen ein Cystolith entwickelt, bisweilen nur durch ein solches Gebilde, wie bei *Broussonetia*, vertreten wird, bieten. Mit Rücksicht hierauf spricht Schleiden alle Cystolithen als gesetzmässig unentwickelte Brennhaare an. Nach seiner Ansicht entwickelt sich nämlich nur die Basis des Haares und das Secret verkalkt. Diese Ansicht wird von Schacht aus dem Grunde einfach

[1] Grundzüge I. p. 329. 2. Aufl.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

zurückgewiesen, dass in den inneren Geweben der Pflanzen auch Cystolithen vorkommen und diese Annahme daher als unbegründet erscheine. Wiewohl Schacht selbst zugibt, dass für diese Bildungen in der Epidermis nicht viel gegen diese Ansicht einzuwenden ist, und in späterer Zeit Wedell auf den Zusammenhang zwischen Cystolithen und Haaren abermals aufmerksam macht, so wird doch in der neueren Literatur dieser Punkt fast gänzlich übersehen, und nur H. v. Mohl weist in seiner öfter citirten Abhandlung über Verkieselung[1] abermals auf die den Cystolithen verwandten Bildungen bei Borragineen und Compositen hin, während selbst A. Weiss in seiner grossen Arbeit über Pflanzenhaare[2] sich damit begnügt, diese Literaturangaben zu citiren, ohne sich irgendwie näher über diesen Gegenstand auszusprechen. Diese Umstände, sowie die Angabe in Wolff's Arbeit über Pflanzenaschen, dass die Borragineen sehr reich an Kalk seien, veranlassten mich, diese Gebilde bei den genannten Familien genauer zu untersuchen, umsomehr als die oben erwähnte Ausfüllung der Spitze des Haares bei *Broussonetia*, *Urtica nivea* L. und *Ficus Carica* L. (Fig. 17), welche in ihrer Structur vollständig mit den Cystolithen übereinstimmt und jedenfalls diesen zuzurechnen ist, fast ganz dasselbe Bild gab, wie jene Haare (Fig. 15, 16). Alle diese Haare sind von einer Füllmasse erfüllt, welche, wie die Reactionen gegen Salzsäure und Schwefelsäure zeigen, sehr reich an kohlensaurem Kalke ist. Es handelte sich nun darum, zu zeigen, ob nicht etwa auch hier der kohlensaure Kalk in eine organische Grundmasse eingebettet sei; die Beobachtung von Querschnitten auf Anwendung von Chlorzinkjodlösung zeigte jedoch, dass die Haare nach Anwendung von Salzsäure im Innern hohl seien. Am deutlichsten zeigte sich dieses Verhältniss bei Vergleichung dieser Haare mit jenen von *Ficus Carica* L., bei welcher Pflanze das Auftreten dieser Gebilde noch dadurch von Interesse wird, dass ausserdem noch regelmässig ausgebildete Cystolithen in gewöhnlichen Oberhautzellen vorkommen. Jene Haare der Borragineen

[1] Botanische Zeitung 1861.

[2] Veröffentlicht in Karsten, Botanische Untersuchungen. I. Band. p. 369.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

sind somit nicht den Cystolithen im eigentlichen Sinne zuzurechnen. Bei Veraschungsversuchen zeigte sich die Zellmembran des Haares stark verkieselt, während sich der Inhalt auf Zusatz von Salzsäure unter lebhafter Gasentwicklung auflöste. Es zeigt sich somit, dass diese Bildungen zwar den Cystolithen sehr nahe verwandt, aber doch nicht mit ihnen zu identificiren sind, jedenfalls erscheint aber die Schleiden'sche Ansicht insoferne gerechtfertigt, als eine so grosse Ähnlichkeit zwischen den Cystolithen und jenen Haaren besteht, dass man wohl füglich auf eine analoge Entstehungsweise schliessen kann, wenn man auch nicht gerade unentwickelte Brennhaare in den Cystolithen erblickt.

Anders verhält es sich mit den Cystolithen der inneren Gewebe. Schacht weist in Bezug auf diese auf die grossen in Zellstoff gebetteten Krystalle citronensauren (?) Kalkes in den Zellen der Blätter mehrerer *Citrus*-Arten hin und erblickt in ihnen Analoga der Cystolithen. Duchartre sieht hingegen in den in Zellstoff eingelagerten und im Innern der Zellen aufgehängten Krystalldrusen oxalsauren Kalkes im Marke von *Kerria japonica* Dec. und *Ricinus communis* L. den Cystolithen verwandte Bildungen. Dieser Ansicht schliesst sich auch Hofmeister[1] an. In späterer Zeit wurden diese beiden Vorkommnisse genauer, namentlich entwicklungsgeschichtlich untersucht und so mehrere neue Verhältnisse aufgedeckt, welche ihren Zusammenhang mit den Cystolithen sehr in Frage stellen. Das Vorkommen der Krystalle in *Citrus* wurde von Pfitzer[2] genauer untersucht und nachgewiesen, dass diese Krystalle zuerst frei in der Zelle entstehen, dann mit einer Zellstoffhülle überzogen werden, welche erst nachträglich mit einer immer an der Aussenseite der Zelle entstehenden Verdickung der Zellmembran in Verbindung tritt. Auch bestehen diese Krystalle aus oxalsaurem und nicht, wie Schacht vermuthet, aus citronsaurem Kalk.

Die Verwandtschaft dieser Krystalle mit den Cystolithen erscheint nun schon aus dem Grunde zweifelhaft, als die Bildung

---

[1] Handbuch der physiol. Botanik. I. 1. S. 181.

[2] Flora, 1872. p. 97.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

der letzteren immer von der Zellwand ihren Ursprung nimmt. In der Beziehung scheint die Ansicht Duchartre's und Hofmeister's mehr Berechtigung zu haben, indem von dem Entdecker[1] der Krystalldrusen in *Kerria* und *Ricinus* bei Veröffentlichung ihrer Entwicklungsgeschichte[2] dargelegt wird, dass dieselben ursprünglich in der Zellmembran selbst entstehen und erst durch Streckung der Zellen in das Innere derselben gerückt werden, während sie durch Zellstoffbalken mit der Wand verbunden bleiben. Solche Gebilde wurden von De la Rue[3] auch im Marke von *Hoya carnosa* R. Br. entdeckt. Ebenso fand Poulsen[4] in den Inflorescenzaxen der Phaseoleen derlei Gebilde vor, und man dürfte wohl keinen grossen Fehler begehen, wenn man viele der Fälle, wo Krystalle in die Zellmembran eingebettet auftreten, auch hieher rechnet; dieses Vorkommen wurde von Solms-Laubach einer eingehenderen Untersuchung unterzogen.[5] Alle diese Verhältnisse lassen wohl mit Bestimmtheit annehmen, dass die Bildungen von den Cystolithen strenge zu scheiden sind.

Über die Veranlassung der Cystolithenbildung vermag ich jedoch keine Behauptung aufzustellen. Vielleicht, dass der Kalk in den frühesten Jugendzuständen der cystolithenführenden Zellen in einer Verbindung auftritt, welche diese eigenthümliche Verdickung der Zellwand veranlasst. In den ersten Entwicklungsstadien ist kohlensaurer Kalk nicht nachzuweisen, aber bei der raschen Vergrösserung tritt derselbe reichlich auf. Immerhin liegt die Vermuthung nahe, dass die reichliche Kalkzufuhr das locale Waehsthum der Wand begünstige, beweisen konnte ich es aber nicht.

Schliesslich seien hier noch einige Mineralgehaltsbestimmungen der Troekensubstanz einiger Pflanzen angegeben, welche zeigen mögen, dass zwar alle die cystolithenführenden Pflanzen eine ausserordentliche Menge Mineralsubstanz

---

[1] Rosanoff. Botanische Zeitung. 1865. p. 329.
[2] Botanische Zeitung, 1687. p. 41.
[3] Botanische Zeitung, 1869. p. 538.
[4] Flora, 1877. p. 45.
[5] Botanische Zeitung, 1871. p. 509.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

enthalten, dass jedoch diese allein auch nicht für das Vorkommen derselben entscheidend sei.

†) *Urtica dioica* L. (Blätter)	17·82%	Reinasche
†) *Humulus Lupulus* L. (Blätter)	18·04%	„
†) Maulbeeren (Blätter)	10.89%	„
Pilea sp. (Blätter und Stengel.)	20·85%	Rohasche
Ficus elastica Roxb. I. Blatt	7·43%	„
II. Blatt	8·32%	„
Mittel	7·88%	„
gigantea H. B. (Blatt)	7·72%	„
stipulata Thunb. (Blätter)	11.76%	„
†) *Carica* L. (Blätter)	10·74%	„
Goldfussia anisophylla Nees. (Gr. Blätter)	25.72%	„
(Stengel)	9·67%	„
glomerata Nees. (Blätter)	16·22%	„
(Rinde)	16·12%	„
(Holz)	5·23%	„
(Mark)	8·06%	„
Ruellia picta Bot. cab. (Blätter)	24·81%	„
Cyrtanthera magnifica Nees. (Blätter)	17·20%	„
Fittonia Verschaffeltii. Hort. (Blatt)	20·89%	„
Sanchezia glaucophylla Hort. (Blätter)	28·45%	„
Geissomeria longiflora R. Br. (Blätter)	17·76%	„
†) *Citrus Aurantium* L. (Blätter)	13·75%	„
†) *Senecio Jacobaea* L.	23·24%	Reinasche
†) *Myosotis arvensis* Rchb.	17·85%	„
†) Tabak (Blätter)	18·41%	„

Wiewohl nun *Geissomeria longiflora* R. Br., *Citrus Aurantium, Senecio Jacobaea, Myosotis arvensis* und *Nicotiana* keine Cystolithen enthalten, ist doch ihr Mineralgehalt ein bedeutender. Hier wird die Mineralsubstanz nur in anderer Form abgelagert.

Unter den Cystolithen führenden Pflanzen hingegen sind einige, wie *Ficus elastica* Roxb. und *Ficus gigantea* H. B., welche verhältnissmässig geringen Mineralgehalt aufzuweisen

† Die mit diesem Zeichen versehenen Angaben sind Wolff's „Pflanzenaschen" entnommen, die anderen meinen eigenen Beobachtungen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

haben, was wohl damit zusammenhängen dürfte, dass hier die Cystolithen auf einzelne Oberhautzellen beschränkt sind, somit eine im Ganzen sehr geringe Verbreitung besitzen. Jene Pflanzen, welche Cystolithen in grösserer Menge enthalten, zeigen alle auch einen sehr grossen Gehalt an Mineralsubstanz, ja es gehören die höchsten Ziffern, welche in dieser Hinsicht für lebende vegetative Pflanzentheile ermittelt wurden, hieher. *Equisetum Telmateia* L., welches einige dieser Pflanzen an Mineralreichthum übertrifft, verdankt diesen der grossen Menge von Kieselsäure, welche sich in demselben vorfindet.

Fassen wir nun den Inhalt dieser Abhandlung in Kürze zusammen, so zeigt sich, dass die Cystolithen zunächst in zwei ziemlich verschiedene Gruppen zerfallen. Die aus der einen Gruppe sind auf die Oberhaut beschränkt, sie treten in einer verhältnissmässig späten Zeit auf, haben stets einen deutlichen Stiel, zeigen eine concentrische Schichtung, welche von einer zu diesen Schichten senkrechten Streifung durchsetzt ist, und die unorganische Substanz derselben besteht neben kohlensaurem Kalke allem Anscheine nach auch aus Kieselsäure. Diese Gebilde erscheinen mit Rücksicht auf verwandte oder doch äusserlich ähnliche Bildungen in anderen Familien des Pflanzenreiches von allgemein morphologischem Standpunkte aus, als innere Vorsprungsbildungen der Zellmembran der Oberhautzellen oder trichomatischer Gebilde; sie sind auf die Ordnung der Urticineen beschränkt.

Die zweite Gruppe umfasst die Cystolithen von spindel- oder keulenförmiger Gestalt. Sie finden sich in Blättern, Stengeln und Wurzeln und fehlen mit Ausnahme des Xylems gar keiner Gewebeart dieser Organe vollständig. Diese Gebilde zeigen nur sehr selten einen deutlichen Stiel; sie sind zwar auch aus concentrischen Schichten zusammengesetzt, diese werden aber nicht von einer Streifung, sondern von radial angeordneten Hohlräumen durchsetzt, welche mit kohlensaurem Kalke erfüllt sind. Diese Cystolithen treten als zarte innere Vorsprungsbildungen der Zellwand schon sehr frühzeitig im Pflanzengewebe auf,

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

führen aber im entwickelten Zustande eine verhältnissmässig viel geringere Menge organischer Substanz, als jene der ersten Gruppe und enthalten keine Kieselsubstanz. Sie sind am meisten verbreitet in der Familie der Acanthaceen, doch finden sie sich auch bei den Gattungen *Pilea*, *Elatostemma* und *Myriocarpa* aus der Familie der Urticaceen.

Endlich wurde gezeigt, dass sich alle Cystolithen im polarisirten Lichte doppelt brechend erweisen, sie zeigen im unverletzten Zustande und noch deutlicher nach Entfernung des kohlensauren Kalkes, eine Aufhellung des Gesichtsfeldes und ein deutliches Polarisationskreuz. Diese Gebilde sind auf die Ordnung der Urticineen und die Familie der Acanthaceen beschränkt; die Pflanzen, welche diese Gebilde enthalten, zeichnen sich dann immer durch einen bedeutenden Gehalt an anorganischer Substanz aus.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1 und 2. Hufeisenförmige Cystolithen aus dem Marke von *Fittonia Verschaffeltii*. Hort.

Fig. 3 und 4. Verästelte Cystolithen aus derselben Pflanze.

Fig. 5 bis 7. Haare von *Broussonetia papyrifera* Velt. mit mehreren Cystolithen. Fig. 5 Haare von der Unterseite des Blattes mit zwei Cystolithen. Fig. 6 und 7. Haare von der Oberseite des Blattes mit drei Cystolithen. In Fig. 7 ist der eine Cystolith durch die Füllmasse *a* ersetzt.

Fig. 8—9. Cystolith aus dem Rindenparenchym von *Sanchezia glaucophylla* Hort. in der Längsansicht, Fig. 9 mit Salzsäure behandelt.

Fig. 10 und 11. Cystolith aus dem Marke von *Ruellia picta* Bot. cab., quer durchschnitten, Fig. 11 nach Behandlung mit Salzsäure.

Fig. 12. Derselbe Cystolith im polarisirten Lichte bei gekreuzten Nicols.

Fig. 13 und 14. Erste Anlagen von Cystolithen. Fig. 13 bei *Ruellia picta* Bot. cab., Fig. 14. Bei *Cyrtanthera magnifica*. Nees.

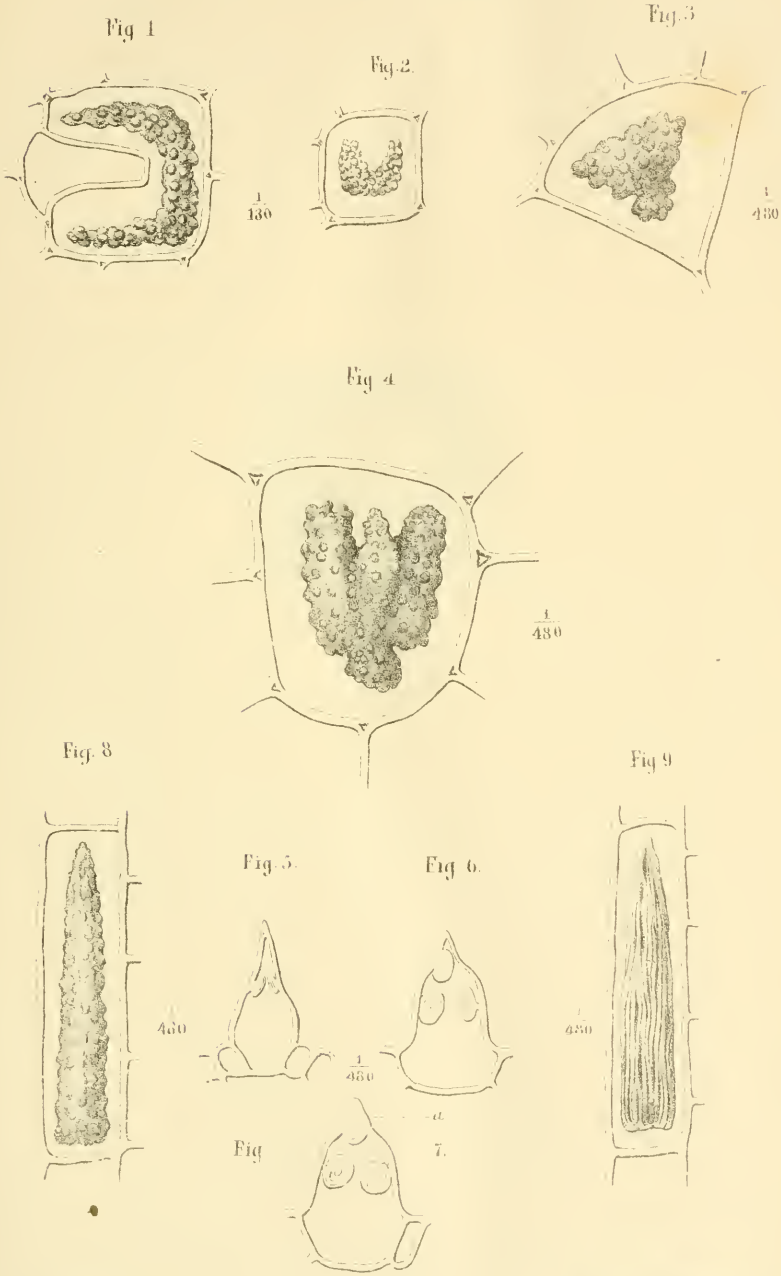
Fig. 15 und 16. Haar von *Lithospermum arvense*, L. Fig. 16 nach Behandlung mit Salzsäure. Fig. 15 von aussen gesehen; Fig. 16 im optischen Durchschnitte.

Fig. 17. Haar von *Ficus Carica*. L. mit Salzsäure behandelt.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Taf. I.

K. Richter, Beiträge zur genaueren Kenntniſs der Cystolithen und einiger verwandter Bildungen im Pflanzenreiche.

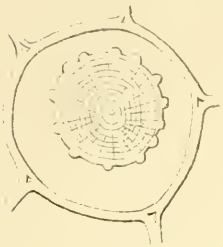


W. Fahrnberger lith. Autor del. Druck v. [illegible]

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Fig. 10.



$\frac{1}{480}$

Fig. 11.

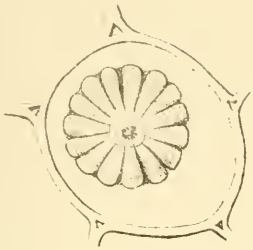
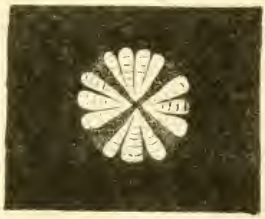


Fig. 12



$\frac{1}{480}$

Fig. 15.

$\frac{1}{480}$

Fig. 17

$\frac{1}{480}$

Fig. 16

$\frac{1}{480}$

Fig. 13

$\frac{1}{950}$

Fig. 14